

Caractérisation de l'hétérogénéité d'une pollution persistante : cas de la chlordécone aux Antilles

**Magalie LESUEUR JANNOYER^{1,2*}, Florence CLOSTRE^{1,2}, Thierry WOIGNIER^{3,4}, Joseph LEVILLAIN⁵ et
Philippe CATTAN^{5,*}**

¹ : Unité HortSys, CIRAD, Campus AgroEnvironnemental Caraïbe, Petit Morne BP214, F-97232 LE
LAMENTIN, jannoyer@cirad.fr, clostre@cirad.fr

² : Unité HortSys, CIRAD, TA-B103/PS4, Bd de la Lironde, F-34398 MONTPELLIER,

³ : Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE), Aix-Marseille
Université, UMR CNRS IRD Avignon Université, Faculté de St-Jérôme, F-13397 Marseille cedex 20, France,
thierry.woignier@imbe.fr

⁴ : UMR CNRS 7263 UMR IRD 237- IMBE Campus Agro Environnemental Caraïbes B.P. 214 Petit Morne,
97232, Le Lamentin, Martinique

⁵ : Unité SCBPA, Station de Neufchâteau, Sainte Marie, F-97130 CAPESTERRE BELLE EAU,
cattan@cirad.fr

* contact : Magalie LESUEUR JANNOYER et Philippe CATTAN

Résumé

L'utilisation de la Chlordécone, polluant organique persistant, pour lutter contre le charançon du bananier il y a plus de vingt ans a abouti à une pollution durable et diffuse des compartiments environnementaux et à l'exposition chronique des populations et des écosystèmes. Aujourd'hui, le polluant se disperse à partir du sol des parcelles polluées où il est stocké. Aussi, la caractérisation du niveau de pollution de chaque parcelle est une étape incontournable pour évaluer et gérer le risque de transfert vers les cultures et les eaux. Dans ce travail, nous avons mis en évidence l'hétérogénéité spatiale, horizontale et verticale, de la pollution à l'échelle de la parcelle et ses déterminants. Le type de sol et sa teneur en matière organique, la stratégie de l'exploitation, les pratiques postérieures à l'application du pesticide (travail du sol...) modifient les niveaux de pollution ou la disponibilité de la molécule des horizons du profil de sol considérés. Le travail du sol profond et régulier dilue la pollution sur le profil. Ce travail a contribué à élaborer un outil d'aide à la décision pour l'échantillonnage. Il servira de base à la caractérisation d'autres pollutions diffuses issues d'applications non homogènes dans l'espace.

Introduction,

La chlordécone (CLD) est un polluant persistant, insecticide de la famille des organochlorés, utilisé il y a plus de 20 ans pour lutter contre le charançon du bananier aux Antilles. La CLD est une molécule très stable, faiblement soluble, très lipophile dont la dégradation naturelle est faible. Elle, est durablement fixée dans les sols (Cabidoche et al. 2009). Cette pollution des sols est diffuse et hétérogène et il est difficile de caractériser avec précision sa variabilité spatiale (Desprat et al. 2004). Or la détermination du niveau de pollution est un des points clés de la gestion sanitaire et environnementale pour assurer la conformité des denrées agricoles et limiter l'exposition des consommateurs.

En effet, les parcelles polluées sont le réservoir de pollution à partir duquel la molécule de CLD contamine les différents compartiments environnementaux (eaux, écosystèmes) (Lesueur-Jannoyer et al. 2012) et expose la population.

Notre travail a consisté à caractériser l'hétérogénéité et la variabilité de cette pollution des sols à l'échelle de la parcelle, et à en identifier les facteurs déterminants. Les résultats sont utilisés pour proposer un système d'échantillonnage et de mesure de la CLD en parcelle, pertinent pour maîtriser les niveaux de contamination des cultures.

Matériel et méthodes,

Afin de tester la variabilité des niveaux de pollution intra et inter parcelle, nous avons procédé par enquêtes et par échantillonnage systématique à deux échelles différentes :

- Pour évaluer la variabilité intra-parcellaire de la teneur en CLD, neuf parcelles ont été échantillonnées selon une grille adaptée et une analyse a été effectuée pour chaque point de prélèvement.
- Pour évaluer la variabilité inter-parcellaire de cette teneur (teneur moyenne en CLD de la parcelle) et l'effet des facteurs type de sol, travail du sol et taille d'exploitation, un millier de parcelles ont été

étudié en Guadeloupe et en Martinique. Pour chaque parcelle, les prélèvements ont été réalisés en 20 points à 2 profondeurs distinctes (0-30cm et 30-60cm) et l'analyse de CLD a porté soit sur les points individuels soit sur une aliquote.

Les analyses de CLD ont été réalisées par le LDA26 (Valence, France).

Résultats et discussion

Variabilité intra-parcellaire

A l'échelle de la parcelle, l'hétérogénéité de la teneur en CLD est importante (figure 1). Cette hétérogénéité nécessite une méthode d'échantillonnage adaptée pour rendre compte correctement du niveau de pollution de la parcelle considérée.

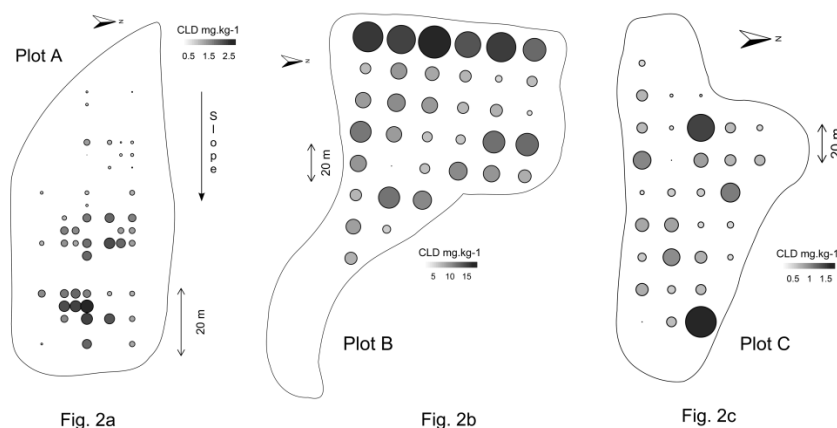


Figure 1 : Variabilité des teneurs en CLD pour 3 parcelles (profondeur 0-30 cm), le niveau de pollution est donné par la couleur et la taille du point (petit rond gris clair : teneur faible, gros rond noir : teneur élevée) (Clostre et al. 2013).

L'analyse de cette variabilité nous a permis d'élaborer un schéma de prélèvement en fonction de la précision ciblée. Une grille de prélèvement systématique dont la maille est adaptée à la taille de la parcelle et à l'inter-rang avec 20 points de prélèvement par parcelle permet d'obtenir une valeur moyenne de la contamination (analyse d'une aliquote) avec une précision minimale de 30%, cohérente avec celle du laboratoire d'analyses.

La teneur en pesticides, surtout hydrophobes comme la CLD, est souvent liée à la teneur en matières organiques dans le sol. Nous nous sommes donc intéressés à la relation entre teneurs en carbone organique et en CLD. A l'échelle intra-parcellaire, la variabilité de la teneur en CLD est supérieure à celle observée pour le carbone organique et l'hétérogénéité de la teneur en carbone organique n'explique pas celle observée pour la teneur en CLD.

En revanche, l'hétérogénéité verticale est liée à la profondeur du travail du sol (figure 2). Plus le travail est profond, plus la pollution est diluée sur le profil et est comparable entre horizons (pas de différence entre 0-30cm et 30-60cm). Une parcelle n'ayant pas subi de travail du sol (cas des bananeraies pérennes d'altitude) montre deux valeurs contrastées de la pollution : une pollution de l'horizon de surface élevée, une pollution de l'horizon profond beaucoup plus faible.

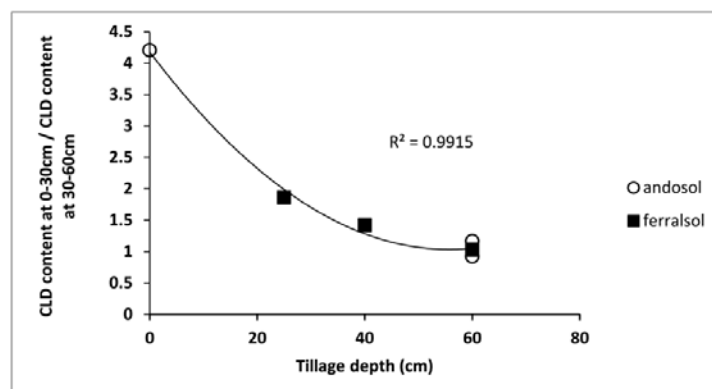


Figure 2. Rapport de la teneur en CLD entre les deux horizons 0-30 cm et 30-60 cm du profil de sol en fonction de la profondeur du travail du sol. Adapté de Clostre et al. (2013).

Variabilité inter-parcellaire

Le type de sol a un effet sur la teneur en CLD à l'échelle inter-parcellaire. Les parcelles d'andosol sont globalement polluées à des niveaux supérieurs comparativement aux parcelles de nitisol (Cabidoche et al. 2009; Clostre et al. 2013; Levillain et al. 2012). Cet effet s'explique par les teneurs moyennes en matière organique et en allophane (type d'argile présent dans les andosols) des parcelles (Woignier et al. 2012; Levillain et al. 2012). Cependant cet effet du type de sol est partiellement gommé par un effet « exploitation » (figure 3) qui influence les niveaux de pollution des parcelles et modifie l'hétérogénéité spatiale de la pollution (travail du sol). Cet effet exploitation rend compte de manière globale de la stratégie de gestion des parcelles et de la production par l'exploitation. Il combine pratiques d'application (fréquence et doses) en partie liées au niveau d'intensification, travail du sol et stratégie culturale de l'exploitation.

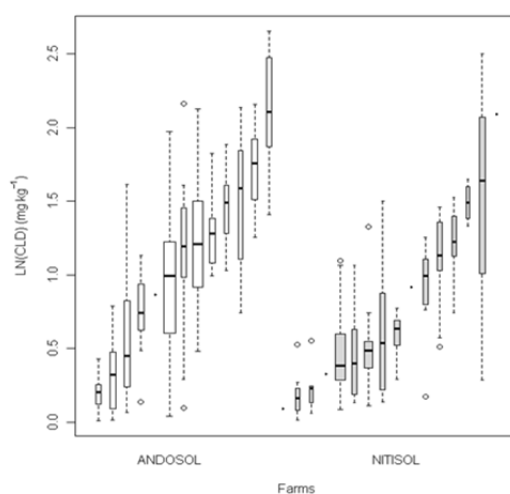


Figure 3. Distribution de la teneur en CLD pour des exploitations situées sur andosols et nitisols ayant plus de 10 parcelles en banane. Chaque boîte représente une exploitation. Les bas et les hauts des boîtes représentent les 25^{èmes} et 75^{èmes} percentiles; la bande à l'intérieur de la boîte est la médiane; les segments aux extrémités s'étirent jusqu'aux valeurs extrêmes, qui ne dépassent pas 1.5 fois l'écart interquartile de la boîte (Levillain et al. 2012).

Deux facteurs liés à exploitation ont été identifiés comme ayant un impact sur les niveaux de pollution : la taille de l'exploitation et le niveau d'intensification. Les exploitations avec des surfaces plus importantes ou des systèmes plus intensifiés ont des parcelles plus polluées (Levillain et al. 2012; Clostre et al. 2013).

Outil d'aide à la décision

L'analyse des différents facteurs déterminant du niveau de pollution d'une parcelle (figure 4) nous a permis de hiérarchiser les informations à renseigner pour une analyse plus précise, adaptée à la maîtrise de la contamination des plantes et de l'environnement. Le choix de l'une unité de surface à échantillonner est important, celle-ci devant être homogène du point de vue de ces principaux facteurs (type de sol, système cultural, pente...).

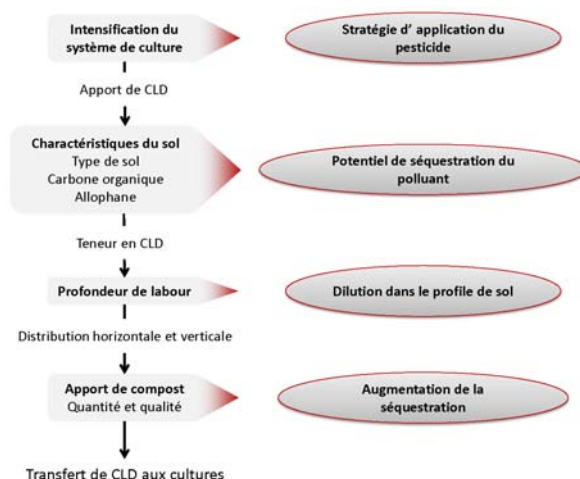


Figure 4. Déterminants du niveau de pollution en CLD d'une parcelle (Clostre et al. 2013).

Il en découle un outil d'aide à la décision (Clostre et al. 2013) qui permet de guider les schémas de prélèvements en fonction des caractéristiques de la parcelle et des objectifs recherchés (niveau moyen, calcul du stock de polluant, analyse de risque ...).

Conclusions et perspectives,

L'hétérogénéité liée à l'application non homogène du pesticide a été modulée à l'échelle de la parcelle par les pratiques de travail du sol (labour). Au final, le niveau de contamination des parcelles est déterminé par un effet exploitation, que l'on peut relier à la stratégie générale rendant compte des doses appliquées et de leur fréquence et par le type de sol, en particulier la teneur en allophane et en matières organiques.

L'analyse de l'hétérogénéité spatiale a permis de détailler un protocole d'échantillonnage adapté selon les objectifs de la mesure de la pollution.

Remerciements

Ce travail a été financé par le projet ANR Chlordexco et le projet FEDER Martinique Gestion Intégrée des territoires, le Ministère de l'Outre-Mer et le Conseil Régional de la Martinique.

Références

- Cabidoche YM, Achard R, Cattani P, Clermont-Dauphin C, Massat F, Sansoulet J (2009) Long-term pollution by chlordecone of tropical volcanic soils in the French West Indies: a simple leaching model accounts for current residue. *Environ Pollut* 157 (5):1697-1705. doi:10.1016/j.envpol.2008.12.015
- Clostre F, Lesueur-Jannoyer M, Achard R, Letourmy P, Cabidoche Y-M, Cattani P (2013) Decision support tool for soil sampling of heterogeneous pesticide (chlordecone) pollution. *Environ Sci Pollut Res*:1-13. doi:10.1007/s11356-013-2095-x
- Desprat J-F, Comte J-P, Chabrier C (2004) Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés : Rapport phase 3 : Synthèse (Cartography of soil pollution risk through organochlorine in Martinique. Technical report Phase3: Synthesis). (In French)
- Lesueur-Jannoyer M, Cattani P, Monti D, Saison C, Voltz M, Woignier T, Cabidoche Y-M (2012) Chlordécone aux Antilles : évolution des systèmes de culture et leur incidence sur la dispersion de la pollution (Chlordecone in French West Indies: cropping system changes and their incidence on pollution dispersion). *Agron Environ Soc* 2 (1):45-58 (In French)
- Levillain J, Cattani P, Colin F, Voltz M, Cabidoche Y-M (2012) Analysis of environmental and farming factors of soil contamination by a persistent organic pollutant, chlordecone, in a banana production area of French West Indies. *Agric, Ecosyst Environ* 159 (0):123-132. doi:10.1016/j.agee.2012.07.005
- Woignier T, Clostre F, Macarie H, Jannoyer M (2012) Chlordecone retention in the fractal structure of volcanic clay. *J Hazard Mater* 241-242 (0):224-230. doi:10.1016/j.jhazmat.2012.09.034